

Гравітаційна сепарація

УДК 622.766:622.333

А.Д. ПОЛУЛЯХ, д-р техн. наук

(Украина, Днепр, ОП "Укрнииуглеобогащение" ГП "Углеинновация"),

А.С. БУЧАТСКИЙ

(Россия, Белгород, ООО "Сателлит"),

Д.А. ПОЛУЛЯХ, канд. техн. наук, **Р.А. НИКУТОВ**

(Украина, Днепр, Государственное ВУЗ "Национальный горный университет")

ВЛИЯНИЕ ПЛОТНОСТИ РАЗДЕЛЕНИЯ НА ВЕЛИЧИНУ ЗАСОРЕНИЯ ПРОДУКТОВ ОБОГАЩЕНИЯ ТЯЖЕЛОСРЕДНОГО СЕПАРАТОРА

Введение

В методиках расчета практического баланса продуктов обогащения в углеобогащении принято применять их засорение некондиционными фракциями. При выделении в технологической операции трех продуктов обычно применяются плотности разделения 1500 и 1800 кг/м³, при выделении двух продуктов либо 1500 кг/м³, либо 1800 кг/м³. Однако требования потребителей угольной продукции предопределяет необходимость ведения разделения частиц по плотности между 1500 и 1800 кг/м³. В связи с изменением плотности разделения изменяются и коэффициенты взаимозасорения продуктов обогащения. В соответствии с [1-3] с увеличением плотности разделения засорения концентрата и отходов возрастают, соответственно, фракциями больше и меньше плотности разделения.

Засорения продуктов тяжелосредного обогащения

Практика тяжелосредного обогащения последних лет показывает, что с увеличением количества породы в исходном материале до уровня 50% существенно изменило эти закономерности. Для подтверждения этого вывода на ЦОФ "Комсомольская" на сепараторе СК-32 были выполнены специальные исследования по установлению засорения продуктов тяжелосредного обогащения при изменении плотности магнетитовой суспензии [4]. Обогащению подвергался уголь марки "Г" с показателями обогатимости $T = 4,1-5,4\%$. Плотность магнетитовой суспензии составляла 1500, 1700, 1900, 2100 кг/м³.

В табл. 1 приведены результаты работы сепаратора СК-32 на различной плотности магнетитовой суспензии при обогащении рядового угля, в табл. 2 – тоже, но по классам крупности, в табл. 3 – показатели засорения продуктов обогащения, взятые из табл. 1 и табл. 2.

Гравітаційна сепарація

Таблиця 1

Показатели работы сепаратора СК-32 при различной плотности магнетитовой суспензии

Плотность суспензии, кг/м ³	Продукт	Фракции, кг/м ³								Выход к исходному, %	Показатель Т, %	Плотность разделения, кг/м ³	Е _{рм} , кг/м ³
		<1500		1500-1800		>1800		Итого					
		γ, %	A ^d , %	γ, %	A ^d , %	γ, %	A ^d , %	γ, %	A ^d , %				
1500	Исходный	48,82	2,8	2,34	32,6	48,84	87,8	100,0	45,0	100,0	4,6	1540	15
	Концентрат	98,64	2,8	1,14	25,3	0,22	69,7	100,0	3,2	49,45			
	Отходы	0,27	10,6	3,55	34,9	96,28	88,0	100,0	86,0	50,55			
1700	Исходный	46,54	4,0	2,64	32,3	50,82	88,0	100,0	47,4	100,0	5,4	1730	18
	Концентрат	94,94	4,0	4,79	32,4	0,27	63,2	100,0	5,6	48,92			
	Отходы	0,21	11,8	0,58	33,0	99,21	89,2	100,0	88,7	51,08			
1900	Исходный	39,23	4,5	2,09	32,9	58,68	88,7	100,0	54,5	100,0	5,1	1890	20
	Концентрат	93,47	4,5	4,9	21,8	1,63	67,2	100,0	6,4	41,91			
	Отходы	0,14	6,1	0,03	40,1	99,83	88,9	100,0	89,1	58,09			
2100	Исходный	40,5	4,0	1,75	35,4	57,75	89,0	100,0	53,6	100,0	4,1	2090	25
	Концентрат	92,65	3,2	4,95	35,3	2,40	65,5	100,0	6,3	42,92			
	Отходы	0,06	9,0	0,02	42,2	99,92	89,3	100,0	89,2	57,08			

Таблиця 2

Распределение фракций различных классов крупности по продуктам обогащения при различной плотности магнетитовой суспензии

Плотность суспензии, кг/м ³	Продукт	Фракции, кг/м ³								Выход к исходному, %	Показатель Т, %	Плотность разделения, кг/м ³	Е _{pm} , кг/м ³
		<1500		1500-1800		>1800		Итого					
		γ, %	A ^d , %	γ, %	A ^d , %	γ, %	A ^d , %	γ, %	A ^d , %				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Класс 50-100 мм													
1500	Исходный	20,57	2,4	3,96	33,3	75,47	88,1	100,0	68,4	100,0	16,1	1540	15
	Концентрат	99,76	2,4	0,24	25,3	0	0	100,0	2,4	20,82			
	Отходы	0,88	8,7	4,68	33,9	94,44	89,0	100,0	85,7	79,18			
1700	Исходный	42,41	3,7	1,78	27,7	55,81	91,4	100,0	53,0	100,0	4,0	1730	15
	Концентрат	99,25	3,7	0,75	27,8	0	0	100,0	3,9	41,96			
	Отходы	0,62	9,4	3,23	18,8	96,15	91,3	100,0	88,5	58,04			
1900	Исходный	52,24	4,4	2,8	31,8	44,96	86,6	100,0	42,6	100,0	5,1	1860	25
	Концентрат	98,07	3,6	1,55	31,8	0,38	59,3	100,0	4,2	53,73			
	Отходы	0,36	7,6	1,46	41,8	98,18	88,2	100,0	87,2	46,27			
2100	Исходный	27,97	3,7	1,47	42,9	70,56	89,4	100,0	64,7	100,0	5,0	2140	35
	Концентрат	97,56	3,6	1,92	42,0	0,52	68,5	100,0	4,7	29,08			
	Отходы	0,21	8,4	0,52	39,2	99,27	89,6	100,0	89,3	70,92			
Класс 25-50 мм													
1500	Исходный	65,54	2,7	2,32	30,0	32,14	87,2	100,0	30,5	100,0	3,4	1545	30
	Концентрат	99,44	2,7	0,56	24,1	0	0	100,0	2,8	66,26			
	Отходы	0,66	7,2	3,5	40,1	95,84	87,1	100,0	84,9	33,74			
1700	Исходный	55,56	4,7	4,81	31,5	39,63	86,4	100,0	38,4	100,0	8,0	1740	40
	Концентрат	98,49	4,7	1,03	31,3	0,48	45,8	100,0	5,2	58,6			
	Отходы	0,17	12,8	2,33	32,9	97,5	86,8	100,0	85,4	41,4			
1900	Исходный	26,04	4,1	1,29	35,5	72,67	90,3	100,0	67,2	100,0	4,7	1920	50
	Концентрат	97,39	4,1	1,85	35,8	0,76	68,6	100,0	5,2	26,28			
	Отходы	0,28	6,5	1,28	40,8	98,44	90,2	100,0	89,3	73,72			

Гравітаційна сепарація

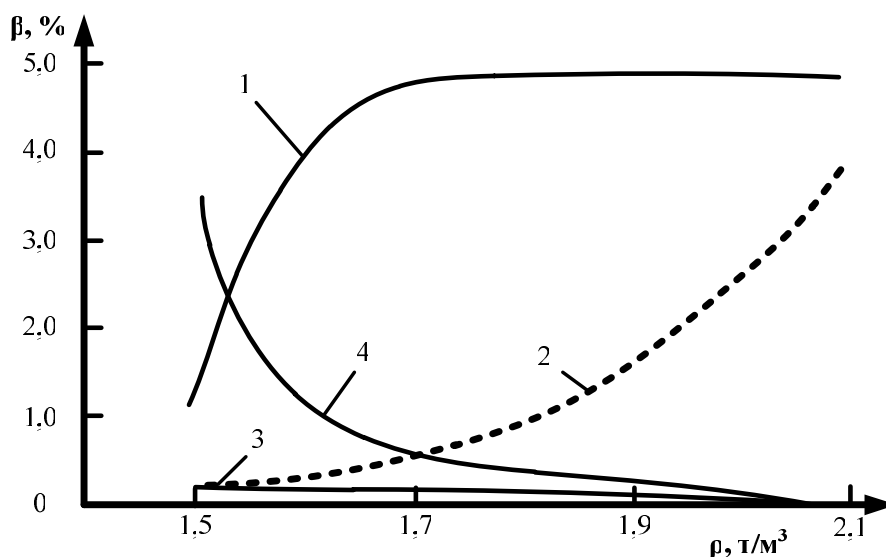
Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2100	Исходный Концентрат Отходы	48,96 95,77 0,12	3,9 3,9 6,2	2,27 3,01 0,21	34,3 33,8 50,9	48,77 1,22 99,67	88,6 51,8 89,0	100,0 100,0 100,0	45,9 5,4 88,2	100,0 51,09 48,91	5,4	2060	60
Класс 13-25 мм													
1500	Исходный Концентрат Отходы	67,63 99,11 0,52	2,6 2,5 14,5	1,73 0,74 2,82	33,2 25,8 36,2	30,64 0,15 96,66	85,2 91,0 85,3	100,0 100,0 100,0	28,5 2,9 83,5	100,0 68,2 31,8	2,5	1627	45
1700	Исходный Концентрат Отходы	59,47 98,32 0,38	4,3 4,3 6,6	3,63 1,16 1,01	34,1 34,1 33,5	36,9 0,52 98,61	85,4 56,2 85,8	100,0 100,0 100,0	35,3 4,9 85,0	100,0 62,05 37,95	5,8	1790	50
1900	Исходный Концентрат Отходы	53,28 97,04 0,24	3,8 3,8 18,7	2,93 2,02 0,69	35,1 32,7 42,4	43,79 0,94 99,0,7	86,9 62,0 88,0	100,0 100,0 100,0	41,1 4,9 87,5	100,0 56,17 43,83	5,2	1954	96
2100	Исходный Концентрат Отходы	51,96 95,39 0,07	4,0 4,0 9,1	2,09 3,14 0,11	31,1 30,9 39,7	45,95 1,47 99,82	87,8 73,1 88,0	100,0 100,0 100,0	43,1 5,9 87,9	100,0 54,63 45,37	3,9	2091	102
Класс 6-13 мм													
1500	Исходный Концентрат Отходы	49,56 98,73 0,43	3,2 3,1 10,5	1,08 0,99 2,12	31,5 24,4 37,0	49,36 0,28 97,45	89,5 80,0 89,6	100,0 100,0 100,0	46,1 3,5 88,1	100,0 49,65 50,35	2,1	1651	35
1700	Исходный Концентрат Отходы	31,33 97,9 0,31	4,3 4,3 10,9	1,52 1,33 0,91	34,0 33,7 37,9	67,15 0,77 98,78	89,1 59,0 89,2	100,0 100,0 100,0	61,7 5,1 88,5	100,0 32,13 67,87	4,6	1800	60
1900	Исходный Концентрат Отходы	32,49 96,14 0,11	4,0 4,0 7,0	1,8 2,29 0,42	32,7 32,6 37,1	65,71 1,57 99,47	89,5 71,1 89,9	100,0 100,0 100,0	60,7 5,7 89,6	100,0 34,45 65,55	5,3	1899	110
2100	Исходный Концентрат Отходы	44,95 93,5 0	4,6 4,6 0	1,57 3,24 0,06	31,4 31,3 45,7	53,48 3,26 99,94	89,8 72,3 90,3	100,0 100,0 100,0	50,6 7,7 90,3	100,0 48,05 51,95	3,4	2109	122
Класс 3-6													
1500	Исходный Концентрат Отходы	72,41 97,3 0,32	3,3 3,3 5,8	1,84 1,84 1,87	29,9 27,3 37,5	25,75 0,86 97,81	88,6 64,2 88,8	100,0 100,0 100,0	25,8 4,3 87,6	100,0 74,19 25,81	2,5	1705	91
1700	Исходный Концентрат Отходы	50,57 95,04 0,24	3,8 3,7 10,7	3,21 2,24 0,82	33,1 32,7 33,7	46,22 2,72 98,94	84,4 65,9 85,0	100,0 100,0 100,0	42,0 6,0 84,4	100,0 54,08 45,92	6,0	1890	90
1900	Исходный Концентрат Отходы	47,01 88,54 0,06	3,8 3,8 6,0	9,69 3,02 0,31	31,2 30,0 37,2	43,3 8,44 99,63	88,1 81,8 89,2	100,0 100,0 100,0	43,0 11,2 89,0	100,0 59,13 40,87	3,5	2147	137
2100	Исходный Концентрат Отходы	56,46 87,32 0	3,0 2,9 0	2,1 3,32 0	29,4 29,3 0	41,44 9,36 100,0	89,3 81,3 90,5	100,0 100,0 100,0	30,3 11,1 90,5	100,0 75,82 24,18	3,6	2233	147
Класс 1-3													
1500	Исходный Концентрат Отходы	67,18 96,54 0,23	2,5 2,5 4,3	2,61 2,09 1,24	30,4 29,2 39,0	30,21 1,37 98,53	85,7 79,3 86,9	100,0 100,0 100,0	25,4 4,1 86,1	100,0 74,02 25,88	3,7	1755	206
1700	Исходный Концентрат Отходы	47,5 89,3 0,11	3,8 3,6 5,7	2,06 2,9 0,69	32,3 31,0 34,4	50,44 7,8 99,2	86,5 77,9 87,7	100,0 100,0 100,0	46,1 10,2 87,2	100,0 53,38 46,62	4,2	1820	280
1900	Исходный Концентрат Отходы	20,43 79,71 0	3,6 3,1 0	0,99 3,38 0,28	30,7 31,4 37,4	78,58 16,91 99,72	88,0 83,1 88,5	100,0 100,0 100,0	70,2 17,5 88,4	100,0 25,67 74,33	4,6	2110	290
2100	Исходный Концентрат Отходы	49,94 71,41 0	3,3 3,1 0	2,05 3,69 0	30,7 30,6 0	48,01 24,9 100,0	87,5 84,4 89,0	100,0 100,0 100,0	44,3 24,4 89,0	100,0 69,2 30,8	3,9	2254	294

Засорение продуктов обогащения

Материал	Плотность суспензии, кг/м ³	Продукты обогащения					
		концентрат			отходы		
		βп/п(к)	βп(к)	Итого	βк(о)	βп/п(о)	Итого
Рядовой уголь	1500	1,14	0,22	1,66	0,27	3,55	3,82
	1700	4,79	0,27	5,06	0,21	0,58	0,79
	1900	4,9	1,63	6,53	0,14	0,3	0,17
	2100	4,95	2,4	7,35	0,06	0,02	0,08
Класс 50-100 мм	1500	0,24	0	0,24	0,88	4,68	5,56
	1700	0,75	0	0,75	0,62	3,23	3,85
	1900	1,55	0,38	1,93	0,36	1,46	1,82
	2100	1,92	0,52	2,44	0,21	0,52	0,73
Класс 25-50 мм	1500	0,56	0	0,56	0,66	3,51	4,17
	1700	1,03	0,48	1,51	0,47	2,33	2,8
	1900	1,85	0,76	2,61	0,28	1,28	1,56
	2100	3,01	1,22	4,23	0,12	0,21	0,33
Класс 13-25 мм	1500	0,74	0,15	0,89	0,52	2,82	3,34
	1700	1,16	0,52	1,68	0,38	1,01	1,39
	1900	2,02	0,94	2,96	0,24	0,69	0,93
	2100	3,14	1,47	4,61	0,07	0,11	0,18
Класс 6-13 мм	1500	0,99	0,28	1,27	0,43	2,12	2,55
	1700	1,33	0,77	2,1	0,31	0,91	1,22
	1900	2,29	1,57	3,86	0,11	0,42	0,53
	2100	3,24	3,26	6,5	0	0,06	0,06
Класс 3-6 мм	1500	1,84	0,86	2,7	0,32	1,87	2,19
	1700	2,24	2,72	4,96	0,24	0,82	1,06
	1900	3,02	8,44	11,46	0,06	0,31	0,37
	2100	3,32	9,36	12,68	0	0	0
Класс 1-3 мм	1500	2,09	1,37	3,46	0,23	1,24	1,47
	1700	2,9	7,8	10,7	0,11	0,69	0,8
	1900	3,38	16,91	20,29	0	0,28	0,28
	2100	3,69	24,9	28,59	0	0	0

Из данных табл. 3 следует, что с ростом плотности магнетитовой суспензии засорение концентрата промпродуктовыми и породными фракциями возрастает, а отходов концентратными и промпродуктовыми фракциями снижается. Причем, как следует из рисунка после плотности разделения 1700 кг/м³ засорение концентрата промпродуктовыми фракциями стабилизируется, то засорение породными фракциями резко возрастает. Засорение отходов концентратными фракциями незначительно и с ростом плотности разделение снижается до 0; засорение отходов промпродуктовыми фракциями значительно при плотности разделения 1500 кг/м³, резко снижается при плотности 1700 кг/м³ и плавно уменьшается до минимального значения при плотности 2100 кг/м³.



Влияние плотности разделения на величину засорения продуктов обогащения:

- 1 – концентрата промпродуктовыми фракциями;
- 2 – концентрата породными фракциями;
- 3 – отходов концентратными фракциями;
- 4 – отходов промпродуктовыми фракциями

Из табл. 3 также следует, что с уменьшением крупности машинных классов засорение продуктов обогащения увеличивается. Особенно резко увеличивается засорение концентрата для классов 3-6 и 1-3 мм для плотности разделения 1900 кг/м^3 и составляет соответственно до 12 и 20%, что подтверждает необходимость их полного удаления при подготовительном грохочении из крупного машинного класса.

Таким образом, приведенные результаты промышленных исследований обогащения высокосольного угля в тяжелосредних сепараторах с выделением двух продуктов подтверждают необходимость корректировки значений взаимозасорения продуктов обогащения, приведенных в [1-3].

Выводы

1. При тяжелосреднем обогащении угля в сепараторах с магнетитовой суспензией с увеличением плотности разделения засорении концентрата промпродуктовыми и породными фракциями возрастает, а отходов концентратными и промпродуктовыми фракциями снижается. Данное утверждение отличается от общепринятого.

2. При обогащении высокосольного угля с содержанием породы на уровне 50% абсолютные значения взаимозасорения продуктов обогащения увеличиваются, в сравнении с их значениями при обогащении низкосольного угля.

3. Необходима корректировка показателей взаимозасорения продуктов обогащения тяжелосреднего обогащения угля, приведенных в нормативных документах.

Список литературы

1. Методика расчета показателей качества углей и продуктов их переработки. – Ворошиловград: Укрнииуглеобогащение, 1983. – 82 с.
2. СОУ 10.1.00185755:002-2004 "Вугільні продукти збагачення. Методика розрахунку показників якості". – Київ: Мінпаливенерго України, 2004. – 46 с.
3. РД 03-306-99 "Инструкция по определению и нормированию потерь угля (сланца) при переработке". – М.: Госгортехнадзор России, 1999. – 33 с.
4. Техническая помощь при внедрении отсадочных машин типа ОМ12-1 и ОМА10-1, модернизированных узлов и совершенствование технологии обогащения крупного и мелкого угля: Отчет о НИР / Рук. В.И. Хайдакин. – Ворошиловград: Укрнииуглеобогащение, 1976. – 148 с.

© Полулях А.Д., Бучатский А.С., Полулях Д.А., Никутов Р.А., 2017

*Надійшла до редколегії 14.04.2017 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*